

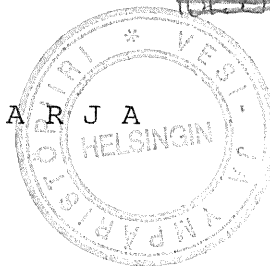
VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1982:133

VANTAANJOEN JA KERA VANJOEN
ALAJUOKSUN VEDENLAADUN ERI-
TYISSELVITYS KESÄLLÄ 1981
KALATESTIT

FM Marja Ruoppa
FK Tarja Nakari

V E S I H A L L I T U K S E N M O N I S T E S A R J A



1982:133

VANTAANJOEN JA KERAVANJOEN
ALAJUOKSUN VEDENLAADUN ERI-
TYISSELVITYS KESÄLLÄ 1981
KALATESTIT

FM Marja Ruoppa
FK Tarja Nakari

Helsinki
8.3.1982

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona.

S I S Ä L L Y S

Sivu

1	KOEJÄRJESTELYT	5
2	KÄYTETYT PARAMETRIT	5
3	TULOKSET	6
3.1	Veriarvoista	6
3.2	Ionitasapainoon vaikuttavista tekijöistä	6
3.3	Energia-aineenvaihduntaan vaikuttavista tekijöistä	7
3.4	Kudosentsyymeistä	7
3.5	Plasmaentsyymeistä	8
4	TULOSTEN TARKASTELUA	8
4.1	Kuntokerroin	8
4.2	Hapenkuljetuskyky	9
4.3	Hiilihydraattiaineenvaihdunta	9
4.4	Muut energiavarat	9
4.5	Ionitasapaino	10
4.6	Kudosentsyymeistä	10
4.61	Asetyylikoliiniesteraasi	10
4.62	Vierasaineenvaihdunta	10
4.7	Plasmaentsyymeistä	11
5	KIDUSTEN HISTOLOGINEN TARKASTELU	11
6	YHTEENVETO TULOKSISTA	12

KIRJALLISUUS

TAULUKOT 1 - 5

LIITTEET 1 - 9

KUVAT 1 - 10

Sumputuskokeen tarkoituksena oli selvittää Vantaanjoen vedenlaadun vaikutuksia kalojen elintoimintoihin fysiologisten parametrien avulla.

1 K O E J Ä R J E S T E L Y T

Koekaloina käytettiin 2-vuotiaita meritaimenia (*Salmo Trutta*), joita sumputettiin metalliverkkosumpuissa (100 x 70 x 70 cm) kahden kuukauden ajan. Kuhunkin sumppuun siirrettiin 30 kalaa ja sumput sijoitettiin rantaveteen noin 1 metrin syvyyteen.

Koepisteitä oli kolme. Vantaan Pitkäkoski (V 12), Keravanjoki Siltämäki (K 8) ja Vanhankaupungin vesilaitos (VO). Kontrollipisteeksi valittiin Riihimäen Hirvijärvi, Vantaanjoen yläjuoksulla. Koepisteissä sijaitsivat myös vesihallituksen vedenlaadun automaattiset mittausasemat.

Kaloja ruokittiin kahdesti viikossa Evoksen kuivarehulla. Samalla poistettiin mahdollisesti kuolleet kalat.

Kalat siirrettiin sumppuihin 3.6.1981. Näytteenottokertoja oli kaksi. Ensimmäiset näytteet otettiin kuukauden kuluttua sumputuksen aloittamisesta 30.6.1981 ja toiset noin kahden kuukauden kuluttua 5.8.1981. Näytteenottoa edeltäväksi vuorokoudeksi kalat uitettiin kukin omaan putkisumppuunsa (1. mökki). Kahden kuukauden näytteet jouduttiin ottamaan mökittämättömistä kaloista, koska kalat olivat Keravanjoessa ja Pitkäkoskella niin huonokuntoisia, etteivät ne olisi kestäneet ylimääräistä käsittelyä. Mökityksen tarkoituksena on saada näyte mahdollisimman normaalitilassa olevasta kalasta.

Jokaisesta ryhmästä otettiin ensimmäisellä kerralla näytteet 10 kalasta. Kahden kuukauden näytteenotossa oli Keravanjoessa elossa ainoastaan 2 kalaa ja Pitkäkoskella 4 kalaa. Vanhankaupungin pisteessä kaikki kalat olivat elossa.

2 K Ä Y T E T Y T P A R A M E T R I T

Kaloista määritettiin kokoverestä hematokriitti (Hkr)-arvo l. punasolujen prosenttinen osuus verestä, hemoglobiinipitoisuus (Hb) sekä laskennallinen MCHC-arvo l. punasolujen keskimääräinen Hb-pitoisuus.

Plasmasta määritettiin maitohappo- ja sokeripitoisuudet, proteiinipitoisuus sekä plasman ionipitoisuudet (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}). Plasmaentsyymeistä määritettiin laktaattidehydrogenasi- (LDH) ja aspartaattiaminotransferaasi- (ASAT) aktiivisuudet.

Kudosnäytteitä otettiin entsyymiaktiivisuuksia ja energia-
aineenvaihduntaa kuvaavia määrityksiä varten. Entsyymeistä
määritettiin aivojen ja valkean lihaksen asetyylikoliini-
esteraasiaktiivisuus (AChE), maksan β -glukuronidaasi- (BG)
ja uridiinidifosfoglukuronidihappotransferaasi- (UDP-GT)
aktiivisuudet. Energiavaroja kuvaavina parametreina määri-
tettiin maksan glykogeenipitoisuus sekä valkean lihaksen
ja maksan proteiini- ja lipidipitoisuudet.

Kaikki näytteet pakastettiin heti nestetypessä, jossa niitä
myös säilytettiin ennen analysointia.

Kalojen pituuksien ja painojen avulla laskettiin kullekin
yksilölle kuntokerroin.

3 T U L O K S E T

Tulokset on esitetty liitteinä olevissa kuvissa ja taulu-
koissa. Tulosten tilastollinen testaus suoritettiin Studentsin
t-testillä molemmilla kerroilla omaa kontrolliryhmäänsä vas-
taan, jotta normaalit ympäristötekijöiden aiheuttamat muut-
tumat tulevat eliminoitua. Toisella näytteenottokerralla Ke-
ravanjoessa oli kuitenkin hengissä vain 2 kalaa, joita ei
ollut mielekästä tilastollisesti testata, mutta näitä tulok-
sia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina.

3.1 VERIARVOISTA

Veren hemoglobiinipitoisuudessa, joka takaa kudosten hapen-
saannin, ei havaittu merkitseviä muutoksia yhden kuukauden
aikana, ei myöskään hematokriittiarvoissa. Punasolujen MCHC-
arvot olivat sen sijaan nousseet merkitsevästi Keravanjoen
ja Vanhankaupungin kaloissa, mikä kuvaa kudosten hapentar-
vetta. Kahden kuukauden jälkeen kalat olivat jo selvästi
aneemisia kaikissa koeryhmissä, sillä Hkr- ja Hb-pitoisuudet
olivat erittäin merkitsevästi laskeneet.

3.2 IONITASAPAINOON VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Kuukauden altistuksessa plasman proteiinipitoisuus laski mer-
kitsevästi ainoastaan Pitkäkosken kaloissa, mutta kahden
kuukauden kuluttua pitoisuuden lasku oli erittäin merkitse-
vä kaikissa ryhmissä.

Plasman Na^+ -pitoisuus laski kuukauden altistuksessa kaikissa
ryhmissä, mutta merkitsevästi vain Keravanjoen ja Pitkäkos-
ken ryhmissä. Kahden kuukauden jälkeen Pitkäkosken kaloissa
 Na^+ -pitoisuus sitä vastoin oli noussut erittäin merkitsevästi.

K^+ -pitoisuus ei muuttunut ensimmäisen kuukauden aikana, mutta
toisen kuukauden jälkeen nousu oli erittäin merkitsevä kai-
kissa ryhmissä.

Plasman Ca^{++} -pitoisuudessa tapahtui merkitsevää laskua jo
yhden kuukauden aikana Keravanjoen ja Pitkäkosken kaloissa.
Kahden kuukauden kuluttua lasku oli erittäin merkitsevä jo-
kaisessa koeryhmässä.

Plasman Mg^{++} -pitoisuus muuttui samoin kuin Ca^{++} -pitoisuus, mutta tilastollisesti merkitsevää lasku oli vain Pitkänkosken kaloissa. Sen sijaan kahden kuukauden kuluttua lasku oli erittäin merkitsevä sekä Pitkänkosken että Vanhankaupungin kaloissa.

Ionitasapainon voi havaita selvästi muuttuneen, mikä on osoitus kidusten ja munuaisten toimintahäiriöistä.

3.3 ENERGIA-AINEENVAIHDUNTAAN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Maksan glykokeenipitoisuus laski ensimmäisen kuukauden aikana erittäin merkitsevästi kaikissa ryhmissä. Toisen kuukauden jälkeen olivat glykokeenivarastot koeryhmien kaloilla käytetty loppuun.

Maksan lipidipitoisuus nousi kuukauden aikana merkitsevästi sekä Pitkänkosken että Keravanjoen kaloissa. Kahden kuukauden kuluttua ei eroja kontrollien suhteen enää havaittu.

Lihaksen lipidipitoisuus ei muuttunut kuukauden altistuksessa, mutta toisen kuukauden jälkeen lihaksen rasvapitoisuus oli laskenut merkitsevästi sekä Pitkänkosken että Vanhankaupungin kaloissa.

Maksan proteiinipitoisuus oli kuukauden altistuksen jälkeen noussut merkitsevästi kaikissa koeryhmissä. Lihaksen proteiinipitoisuus ei sen sijaan vielä tänä aikana merkitsevästi muuttunut. Kahden kuukauden altistus puolestaan laski sekä maksan että lihaksen proteiinipitoisuutta merkitsevästi vain Pitkänkosken kaloissa.

Plasman maitohappo- ja sokeripitoisuuksia voidaan pitää kalan stressiparametreina. Kohonnut maitohappopitoisuus osoittaa kalan ärtyneisyyttä ja tämä on havaittavissa sekä Pitkänkosken että Keravanjoen kaloissa jo kuukauden altistuksen jälkeen. Edelleen nousua oli havaittavissa kahden kuukauden kuluttua Pitkänkosken ja Vanhankaupungin ryhmissä, vaikka nousu ei ollut merkitsevä.

Plasman sokeripitoisuus laski kaikissa ryhmissä sekä ensimmäisen että toisen kuukauden jälkeen eniten Keravanjoen kaloissa.

3.4 KUDOSENTSYYMEISTÄ

Toisen vaiheen detoksikaatioentsyymeistä määritettiin maksan BG- ja UDP-GT-aktiivisuudet.

Maksan UDP-GT-aktiivisuus laski kuukauden altistuksessa merkitsevästi vain Vanhankaupungin kaloissa, muissa ryhmissä ei tapahtunut merkitseviä muutoksia. Kahden kuukauden altistus sen sijaan aiheutti erittäin merkitsevää laskua kaikkien koeryhmien kaloissa.

Kuukauden altistuksessa kalojen maksan BG-aktiivisuus nousi erittäin merkittävästi sekä Keravanjoen että Vanhankaupungin kaloissa kun taas Pitkähäkin kaloissa aktiivisuus laski jonkin verran. Kahden kuukauden altistus aiheutti aktiivisuuden laskua kaikissa ryhmissä.

3.5 PLASMAENTSYMEISTÄ

Kudosvaurioita kuvaavista entsyymeistä määritettiin plasman ASAT- ja LDH-pitoisuudet sekä aivojen ja lihaksen AchE-pitoisuudet. Plasman ASAT-aktiivisuus laski sekä kuukauden että kahden kuukauden kuluttua kaikissa ryhmissä. Muutos oli merkittävä ainoastaan Vanhankaupungin ryhmässä kahden kuukauden kuluttua.

Plasman LDH-aktiivisuus laski kuukauden kuluessa sekä Keravanjoen että Pitkähäkin kaloissa. Toisen kuukauden aikana aktiivisuudet sen sijaan kohosivat kaikissa ryhmissä, mutta kohoaminen ei ollut merkittävä.

AchE-aktiivisuus ei muuttunut yhden kuukauden altistuksen aikana, mutta kahden kuukauden altistus nosti aktiivisuuksia merkittävästi sekä aivoissa että lihaksessa kaikissa koeryhmissä.

4 T U L O S T E N T A R K A S T E L U A

Sumputuskokeen aikana kesä-heinäkuussa 1981 Vantaanjoessa oli vettä normaalia runsaammin. Myös virtausnopeudet olivat normaalia suuremmat. Veden automaattiset mittausasemat eivät rekisteröineet hälytysrajojen ylityksiä, joten veden laatua voitaneen pitää normaalirajojen sisällä suhteellisen tasaisena. Toisaalta Vantaanjoen vedessä on paljon typpi- ja fosforiyhdisteitä sekä suuri kiintoainepitoisuus. Mitään erityisanalyyskejä ei vedestä suoritettu.

Veden laatu sumputuksen aikana ilmenee liitteestä 10. Määritettyjen vesiparametrien perusteella ei voida selvittää kaloissa tapahtuneita muutoksia. Keravanjoessa tosin todettiin huomattava sameuden nousu heinäkuun viimeisellä viikolla, jolloin suurin osa taimenista kuoli.

4.1 KUNTOKERROIN

Koekaloista laskettiin pituuksien ja painojen perusteella kuntokertoimet. Tällöin voitiin havaita, että jo ensimmäisen kuukauden aikana kuntokertoimet olivat laskeneet. Toisen kuukauden jälkeen laskeva suunta jatkui edelleen. Kuntokertoimissa todettiin erittäin merkittävää laskua kaikissa koeryhmissä koko sumputuksen ajan. Osasyynä tähän on kalojen laihtuminen sekä mahdolliset muutokset vesitasapainossa.

4.2 HAPENKULJETUSKYKY

Veren hematokriitti-arvot sekä hemoglobiini- ja MCHC-pitoisuudet puolestaan osoittavat kalojen muuttuneen kokeen aikana aneemisiksi. Kalojen hapenkuljetuskyky oli selvästi heikentynyt ja kudosten hapensaanti vaikeutunut. Kalojen hapensaannin estymistä kuvaavat osaltaan myös plasman kohonneet maitohappopitoisuudet.

4.3 HIILIHIDRAATTIAINEENVAIHDUNTA

Hiilihydraattiaineenvaihduntaan liittyen määritettiin kalojen plasmasta sokeri- ja maitohappopitoisuudet sekä maksan glykokeeni-pitoisuus. Elimistöön varastoituneesta energiasta osa on sitoutunut glykokeeniksi, josta se vapautuu nopeammin kuin rasvoista ja proteiineista. Kala kuluttaa maksan glykokeenin helposti joutuessaan rasitukseen. Paastolla sen sijaan ei ole todettu olevan merkittävää vaikutusta glykokeenipitoisuuteen.

Tuloksista ilmenee, että koeryhmien kalat käyttivät maksan glykokeenivaraston täysin loppuun sumputuksen aikana. Samoin olivat plasman sokeripitoisuudet alentuneet merkitsevästi kokeen kuluessa, mikä viittaa pitkäaikaiseen rasitukseen. Plasman maitohappopitoisuudet sen sijaan olivat kahden kuukauden aikana jonkin verran kohonneet, mikä on myös osoitus stressistä.

Laktaattidehydrogenaasi on entsyymi, joka katalysoi pyruvaatin muuttumista maitohapoksi. Aerobisissa olosuhteissa reaktio on käänteinen (maitohapon poisto). LDH-aktiivisuuksissa ei 2 kuukauden ryhmissä todettu merkittäviä muutoksia.

Tulokset osoittavat muutoksia hiilihydraattiaineenvaihdunnassa.

4.4 MUUT ENERGIAVARAT

Pitempiaikaisina energiavarastoina toimivat lähinnä lihasten lipidit ja proteiinit. Erot kontrollikalojen kudosten lipidi- ja proteiinitasossa johtunevat eroista ruokinnassa. Kalankasvatuslaitoksella kaloja ruokitaan useasti vuorokaudessa, sumputuksen aikana sen sijaan vain muutamia kertoja viikossa.

Tulosten perusteella voidaan havaita, että kalat ovat glykokeenivarastojen tyhjennettyä siirtyneet käyttämään energiaa lihaksen lipideistä sekä plasman proteiineista. Kirjallisuuden mukaan veren sokeripitoisuuden alentuessa kalat siirtyvät käyttämään lipidivarastojaan. Koska lihaksen lipidit ovat vähentyneet siirtymistä lienee tapahtunut. Kirjallisuudessa on myös todettu, että lihaksen lipidit kulutetaan ennen maksan lipidejä. Saadut tulokset tukevat myös tätä olettamusta.

Lihaksen ja maksan proteiinipitoisuuksissa eikä maksan lipidipitoisuuksissa sen sijaan havaittu eroja kontrolli- ja koeryhmien välillä. Tämän perusteella voidaan havaita, että kaloilla oli vielä jäljellä energiavaroja. Kalojen huono kunto ja kuoleminen Pitkähäkoskella ja Keravanjoessa eivät siten johdu ravinnon puutteesta. Virtauksen ollessa normaalia suurempi koko sumputuksen ajan, kalojen rasitusta on ehkä osaltaan lisännyt jatkuva uinti, vaikka sumput oli pyrittävä sijoittamaan rantaveteen, jossa virtaukset olivat pienet. On myös mahdollista, että Vantaanjoen veden suuri sameus on osaltaan heikentänyt ruokinnan onnistumista, koska kalat eivät ole nähneet ruokaa.

4.5 IONITASAPAINO

Kalojen ionitasapainoon liittyvinä analysoitiin plasmasta Na^+ -, K^+ -, Ca^{++} - ja Mg^{++} -pitoisuudet. Tulosten mukaan voidaan ionisäätelyssä todeta muutoksia, jotka osoittavat häiriöitä kidusten ja munuaisten toiminnassa. Plasman proteiinien lasku liittyy osaltaan ionisäätelyssä tapahtuneisiin muutoksiin.

Plasman Ca^{++} -pitoisuuden lasku saattaa osaksi johtua munuaisten aktiivisen ionikuljetuksen häiriintymisestä. Alentunut plasman Ca^{++} -pitoisuus aiheuttaa hermolihaksen yliärsytyvyyttä ja jatkuvaa lihasten stimuloitumista, mikä selittää AChE:n merkitsevän nousun.

K^+ -ionit vaikuttavat myös lihas- ja hermotoimintoihin. Kohonut pitoisuus viittaa kudonsvaurioihin. K^+ -pitoisuus nousi erittäin merkitsevästi kahden kuukauden altistuksessa.

Kidusten häiriintyneeseen ionikuljetukseen viittaa myös kahden kuukauden aikana tapahtunut erittäin merkitsevä Na^+ -pitoisuuden nousu Pitkähäkosken pisteessä.

Ionikuljetushäiriöitä osoittaa myös erittäin merkitsevä lasku plasman Mg^{++} -pitoisuudessa molempina näytteenottokertoina, selvemmin vielä kahden kuukauden jälkeen.

4.6 KUDOSENTSYMEISTÄ

4.61 Asetyylikoliiniesteraasi

Aivojen ja valkean lihaksen asetyylikoliiniesteraasiaktiivisuus liittyy hermoimpulssin johtoon. Lihaksen kohonneet pitoisuudet kahden kuukauden aikana sekä Pitkähäkoskella olleiden kalojen aivojen kohonneet aktiivisuudet osoittavat häiriintynyttä hermoimpulssin kulkua, joka johtaa kalan yleiseen aktiivisuuden ja ärtyneisyyden kasvuun. Tätä tukee myös plasman Ca^{++} -pitoisuuden lasku kts. ionit.

4.62 Vierasaineenvaihdunta

Vierasaineenvaihduntaan liittyvinä parametreina määritettiin kalojen maksasta BG- ja UDP-GT-aktiivisuudet. Kalat pyrkivät poistamaan vierasaineita soluille haitallisina aineina. Vie-

rasaineiden poistokykyä voidaan epäsuorasti mitata määrittämällä detoksikaatioon liittyvien entsyymien aktiivisuuksia.

UDP-GT voi joko kohota tai alentua erilaisten vierasaineiden vaikutuksesta. Aktiivisuuden kohoaminen kuvastaa elimistön suurentunutta kykyä vapautua haitallisista vierasaineista. Entsyymiaktiivisuuden pieneminen puolestaan kuvaa alentunutta kykyä poistaa näitä aineita (entsyymi-inhibiitio tai vähentynyt proteiinisynteesi). Tulosten mukaan UDP-GT-aktiivisuus oli alentunut jo ensimmäisen kuukauden aikana ja erittäin merkitsevästi kahden kuukauden kuluttua sekä Pitkälänkin että Vanhankaupungin koeryhmissä.

BG-aktiivisuuden kohoaminen puolestaan ilmentää soluvaurioita ja aleneminen suurempaa kykyä vapautua haitallisista aineista. Tulosten mukaan BG-aktiivisuus kohosi ensimmäisen koekuukauden aikana merkitsevästi mutta aleni sen jälkeen samoin tilastollisesti merkitsevästi.

Kalojen vierasaineenvaihdunta on merkitsevästi muuttunut, joka on osoitus vedessä olevista tunnistamattomista, ainakin kaloille haitallisista aineista.

4.7 PLASMAENTSYMEISTÄ

Määritetyissä plasman ASAT- ja LDH-aktiivisuuksissa oli LDH:n osalta havaittavissa 1 kk:n jälkeen merkitsevää laskua (Pitkälänkin ja Keravanjoen). Kahden kuukauden jälkeen aktiivisuuksissa ei enää havaittu muutoksia. ASAT-aktiivisuus ei 1 kk altistuksessa muuttunut. Kahden kuukauden altistuksessa sen sijaan on tapahtunut merkitsevää laskua Vanhankaupungin ryhmässä. Aktiivuuksien lasku saattaa johtua muutoksista maksan toiminnoissa.

5. KIDUSTEN HISTOLOGINEN TARKASTELU

Näytteenoton yhteydessä otettiin kaloista myös kidusnäytteet rakenneanalysointia varten. Tulokset näkyvät liitteessä olevista kuvista.

Mikroskooppisen tarkastelun perusteella todettiin kidusrakenteissa eroja kontrollin ja koeryhmien kesken.

Kontrollikalojen kidukset olivat jonkin verran limoittuneet mutta muuten normaalit.

Pitkälänkin kalojen kiduslamellien epiteeli oli useissa kohdin paikoin irronnut tukisolusysteemistä ja sekundaarilamellit olivat taipuneet. Kiduksiin oli myös kiinnittynyt jonkin verran loisia.

Keravanjoen kalojen kidukset olivat limoittuneet ja lamellit taipuneet. Epiteelin irtoaminen oli vähäisempää kuin muissa koeryhmissä.

Vanhankaupungin vesilaitoksella olleiden kalojen kiduksissa oli myös havaittavissa epiteelin irtoamista ja epänormaalia taipumista.

Tarkastelun perusteella voidaan havaita koeryhmien kalojen kiduksissa tapahtuneen altistuksen aikana rakenteellisia muutoksia, jotka osaltaan vaikuttavat heikentävästi kalojen kaasujen vaihtoon ja hapenkuljetuskykyyn.

6. Y H T E E N V E T O T U L O K S I S T A

Kahden sumputuskuukauden aikana koekalojen kunto heikkeni huomattavasti. Viimeistä näytteenottoa edeltävällä viikolla (1 kk 3 vk) Keravanjoen ja Pitkähkosken kalat kuolivat yhden viikon aikana lähes kaikki. Vanhankaupungin ryhmä sen sijaan säilyi hengissä koko kokeen ajan.

Tutkittaessa kalojen elintoimintoja merkitseviä muutoksia todettiin hapenkuljetuskykyä, hiilihydraattiaineenvaihduntaa, ionisäätelyä sekä muuta energia-aineenvaihduntaa kuvaavissa parametreissa. Myös hermo-lihas yliärtyneisyyttä oli selvästi havaittavissa. Tämän lisäksi kalojen vieras-aineenvaihdunnassa todettiin merkitseviä muutoksia.

Koeryhmien kalojen kiduksissa oli altistuksen aikana tapahtunut rakenteellisia muutoksia, jotka osaltaan heikentävät kalojen kaasujen vaihtoa ja hapenkuljetuskykyä.

Kalojen kuolema Keravanjoessa osoittanee vedenlaadun siellä olleen huonompi kuin Pitkähkoskessa tai Vanhankaupungin vesilaitoksella. Fysiologisten parametrien mukaan Vanhankaupungin kohdalla kalat selviytyivät paremmin kuin kahdessa muussa koepisteessä.

Vedestä mitatut parametrit (pH, happi, lämpötila, typpi, fosfori, kiintoaine ja johtokyky) eivät riitä selvittämään kaloissa tapahtuneita fysiologisia muutoksia tai kalojen kuolemaa.

Vedessä on todennäköisesti ollut tuntemattomia aineita tai yhdisteitä, joista muutokset aiheutuvat.

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta Vantaanjoen vedenlaadun olleen kesä-heinäkuussa 1981 Pitkähkoskella ja Keravanjoessa sen laatuista, etteivät taimenet selviydy siinä sumputettuina kahta kuukautta kauemmin.

K I R J A L L I S U U S

Augustinson, K.-B., 1957: Assay methods for cholinesterases pp. 1-63 in: Click, D., 1957: Methods of Biochemical Analysis. - John Wiley & Sons. New York.

- Cannon, D.C., Olitzky, I. & Inkpen, J.A., 1974: Determination of total protein in serum or plasma. in: Henry, R.J., Cannon, D.C. & Winkelman, J.W., Eds., 1974: Clinical Chemistry. Principles and technics. - Harper & Row. New York.
- Cockburn, A.G., Griggs, R.W. ja Lloyd, P.J., 1980: The equitable approach to pollution control management in the Thames estuary. - Water Research 14, 1119-1124.
- Dave, G., Johansson-Sjöbeck, M-L., Larsson, Å., Lewander, K. ja Lidman, U., 1975: Metabolic and hematological effects of starvation in the european eel, *Anguilla anguilla* L. -I. Carbohydrate, lipid, protein and inorganic ion metabolism. - Comp. Biochem. Physiol. 52 (A), 423-430.
- Harris, R.C., Hultman, E. & Nordesjö, L.O., 1974: Glycogen, glycolytic intermediates and high-energy phosphates determined in biopsy samples of musculus quadriceps femoris in man at rest. Methods and variance of values. - Scand. J. clin. Lab. Invest. 33, 109-120.
- Hickey, Jr., C.R., 1976: Fish hematology, its uses and significance. - N.Y. Fish Game J. 23, 170-175.
- Joshi, B.D., 1974; Effect of starvation on blood glucose and nonprotein nitrogen levels of the fish *Clarias batrachus*. - Experientia 30, 772-773.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. & Randall, R.J., 1951: Protein measurements with the Folin phenol reagent. - J. biol. Chem. 193, 265-275.
- Love, M.R., 1974: The Chemical Biology of Fishes. - Academic Press, London 1-547.
- Okari, A., Lönn, B.-E., Nyholm, K., Vuorinen, M., Soivio, A. & Vuorinen, P.J., 1978: Kalojen laktaattidehydrogenaasin käyttämisestä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määrittämenetelmien tarkistaminen kirjolohella. - PuPro-moniste, Helsinki elokuu 1978, julkaisematon.
- Oikari, A., Vuorinen, P.J., Vuorinen, M., Soivio, A., Nyholm, K. & Castrén, M., 1978: Kalojen koliiniesteraasin käyttämisestä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määrittämenetelmien tarkistaminen kirjolohella. - PuPro-moniste, Helsinki syyskuu 1978, julkaisematon.
- Poels, C.L.M., Van de Gaag, M.A. ja Van de Kerkhoff, J.F.J., 1980: An Investigation into the long term effects of Rhine water on Rainbow trout. - Water Research 14, 1029-1035.

- Railo, E., 1980: Näytteenoton aiheuttaman häirinnän vaikutuksista kirjolohen (*Salmo gairdneri* Richardson) punasolujen tilavuuden muutoksiin in vitro. - Pro gradu, University of Helsinki, Department of Zoology, M.S. 65 pp. (in Finnish).
- Soivio, A., Nyholm, K. & Westman, K., 1973: Notes on haematocrit determinations on rainbow trout, *Salmo gairdneri*. - *Aquaculture* 2, 31-35.
- Soivio, A., Nyholm, K. & Westman, K., 1975: A technique for repeated sampling of the blood of individual resting fish. - *J. exp. Biol.* 62, 207-217.
- Soivio, A., Nyholm, K., Vuorinen, P.J., Vuorinen, M. & Oksa, H., 1978: Kalojen glukoosi-, glykokeeni- ja laktaattimäärittämisestä ympäristömyrkkytutkimuksissa sekä määrittämismenetelmien tarkistaminen kirjolohella. - *PuPro-moniste*. Helsinki kesäkuu 1978, julkaisematon.
- Soivio, A. & Oikari, A., 1976: Haematological effects of stress on a teleost, *Esox lucius* L. - *J. Fish Biol.* 8, 397-411.
- Soivio, A., Oikari, A., Ruoppa, M. & Miettinen, V., 1978: Experimental field toxicology; transport, water temperature and hydrostatic pressure as factors affecting some clinical parameters of fish. pp. 249-259 in: *Toxicitetstester*. Fjortonde Nordiska Symposiet om Vattenforskning. Ålborg, 25-27 april 1978. - *NORDFORSK*, Miljövärdsssekretariatet. Publikation 1978:2.

Taulukko 1.

Vantaanjocssa kesä-heinäkuussa 1981 sumputettujen meritaimien pituudet ja painot, kuntokerroin sekä veren Hb- ja MCHC-pitoisuudet ja Hkr-arvot. Kunkin parametrin kohdalla on esitetty keskiarvo \pm keskihajonta ($\bar{x} \pm SD$); suluissa tutkittujen kalojen määrä. Tilastollinen testaus on suoritettu Students'in t-testillä omaa kontrolliryhmäänsä vastaan.

NS P > 0,1
O P < 0,1
x P < 0,05
xx P < 0,01
xxx P < 0,001

1. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
pituus cm $\bar{x} \pm SD$ (n)	20,5 \pm 1,8 (10)	20,5 \pm 1,3 (10)	20,9 \pm 0,9 (10)	19,3 \pm 1,7 (10)
paino g $\bar{x} \pm SD$ (n)	78,7 \pm 22,3 (10)	68,0 \pm 14,8 (10)	65,3 \pm 9,5 (10)	75,2 \pm 15,4 (10)
kuntoker- roin $\bar{x} \pm SD$ (n)	0,89 \pm 0,08 ^{xxx} (10)	0,78 \pm 0,04 ^{xxx} (10)	0,71 \pm 0,07 ^{xxx} (10)	1,05 \pm 0,11 (10)
Hb g/l $\bar{x} \pm SD$ (n)	55,013 \pm 6,295 ^{NS} (9)	57,714 \pm 8,453 ^{NS} (10)	52,415 \pm 12,318 ^{NS} (9)	51,704 \pm 7,306 ⁽⁸⁾
Hkr $\bar{x} \pm SD$ (n)	21,9 \pm 3,9 ^{NS} (9)	21,1 \pm 3,6 ^{NS} (8)	19,8 \pm 4,6 ^{NS} (10)	21,6 \pm 4,1 (9)
MCHC g/l $\bar{x} \pm SD$ (n)	254,451 \pm 33,116 ^{NS} (9)	274,442 \pm 22,681 ^{NS} (8)	270,619 \pm 12,309 ^{NS} (9)	248,987 \pm 122,212 ⁽⁸⁾

2. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
pituus cm $\bar{x} \pm SD$ (n)	20,8 \pm 1,6 (4)	20,3 \pm 3,2 (2)	20,0 \pm 1,2 (10)	21,5 \pm 1,4 (10)
paino g $\bar{x} \pm SD$ (n)	60 \pm 20 (4)	61 \pm 37 (2)	54 \pm 18 (10)	98 \pm 17 (10)
kuntoker- roin $\bar{x} \pm SD$ (n)	0,65 \pm 0,08 ^{xxx} (4)	0,67 \pm 0,13 ^{xx} (2)	0,66 \pm 0,12 ^{xxx} (10)	0,99 \pm 0,06 (10)
Hb g/l $\bar{x} \pm SD$ (n)	38,815 \pm 4,238 ^{xxx} (4)	50,422 \pm 1,464 ^{xx} (2)	47,080 \pm 10,724 ^{xx} (10)	61,508 \pm 8,214 (9)
Hkr $\bar{x} \pm SD$ (n)	14,6 \pm 2,3 ^{xxx} (4)	21,0 \pm 0,7 ^{NS} (2)	16,5 \pm 3,6 ^{xx} (10)	23,1 \pm 3,9 (9)
MCHC g/l $\bar{x} \pm SD$ (n)	269,949 \pm 48,157 ^{NS} (4)	240,124 \pm 1,115 (2)	286,464 \pm 17,514 ^{NS} (10)	268,109 \pm 28,195 (8)

Taulukko 2.

Vantaanjoessa kesä-heinäkuussa 1981 sumputettujen meritaimenien plasman ionipitoisuudet. Keskiarvo \pm keskihajonta, tutkittujen kalojen määrä, t-testi

NS $P > 0,1$
 O $P < 0,1$
 x $P < 0,05$
 xx $P < 0,01$
 xxx $P < 0,001$

1. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
Na ⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	147,18 ^O \pm 7,69 (9)	144,00 ^x \pm 4,30 (9)	149,17 ^{NS} \pm 10,13 (9)	157,97 ⁺ 14,38 (8)
K ⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	4,831 ^{NS} \pm 0,528 (9)	5,016 ^{NS} \pm 0,698 (9)	5,200 ^{NS} \pm 0,540 (9)	4,891 ⁺ 1,087 (9)
Ca ²⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	1,636 ^O \pm 0,358 (9)	1,547 ^x \pm 0,298 (9)	1,778 ^{NS} \pm 0,211 (8)	1,892 ⁺ 0,235 (9)
Mg ²⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	0,697 ^{xx} \pm 0,100 (9)	0,864 ^{NS} \pm 0,201 (10)	0,916 ^{NS} \pm 0,102 (10)	0,995 ⁺ 0,230 (9)

2. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
Na ⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	176,32 ^{xxx} \pm 7,94 (4)	136,04 ^{NS} \pm 5,06 (2)	139,11 ^{NS} \pm 15,93 (7)	142,84 ⁺ 9,76 (10)
K ⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	5,834 ^x \pm 1,495 (4)	5,690 (1)	4,956 ^{xx} \pm 0,611 (9)	3,943 ⁺ 0,461 (10)
Ca ²⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	1,135 ^{xxx} \pm 0,244 (4)	1,397 (1)	1,239 ^{xxx} \pm 0,370 (9)	2,175 ⁺ 0,176 (9)
Mg ²⁺ mmol/l, $\bar{x} \pm$ SD (n)	0,617 ^{xxx} \pm 0,146 (4)	1,132 (1)	0,751 ^{xxx} \pm 0,129 (10)	0,978 ⁺ 0,054 (10)

Taulukko 3.

Vantaanjoessa kesä-heinäkuussa 1981 sumputettujen meritaimien energia-aineenvaihduntaa kuvaavia parametreja. Keskiarvo \pm keskihajonta, tutkittujen kalojen määrä, t-testi

NS P > 0,1
O P < 0,1
x P < 0,05
xx P < 0,01
xxx P < 0,001

1. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
proteiini, maksä % x \pm SD (n)	17,9 ⁺ 1,5 ^x (10)	18,7 ⁺ 0,7 ^{xxx} (10)	18,0 ⁺ 1,1 ^{xx} (10)	16,5 ⁺ 0,9 (10)
proteiini, lihas % x \pm SD (n)	23,8 ⁺ 2,2 ^{NS} (8)	22,2 ⁺ 1,1 ^{NS} (9)	23,2 ⁺ 1,9 ^{NS} (10)	23,6 ⁺ 2,5 (9)
glykogeeni maksä % x \pm SD (n)	0,49 ⁺ 0,19 ^{xxx} (9)	0,44 ⁺ 0,27 ^{xxx} (10)	0,74 ⁺ 0,39 ^{xx} (10)	1,73 ⁺ 0,80 (10)
lipidi, maksä % x \pm SD (n)	3,41 ⁺ 1,20 ^x (10)	3,26 ⁺ 1,10 ^O (10)	2,69 ⁺ 1,01 ^{NS} (10)	2,44 ⁺ 0,95 (10)
lipidi, lihas % x \pm SD (n)	0,25 ⁺ 0,07 ^{NS} (10)	0,20 ⁺ 0,03 ^{NS} (10)	0,20 ⁺ 0,06 ^{NS} (10)	0,22 ⁺ 0,03 (10)
laktaatti, plasma mg/l x \pm SD (n)	55,452 ⁺ 29,742 ^O (9)	47,757 ⁺ 21,077 ^O (10)	39,245 ⁺ 11,457 ^{NS} (10)	35,641 ⁺ 4,430 (9)
glukoosi, plasma g/l x \pm SD (n)	0,523 ⁺ 0,090 ^x (9)	0,444 ⁺ 0,044 ^{xxx} (10)	0,551 ⁺ 0,137 ^O (10)	0,661 ⁺ 0,144 (9)
proteiini, plasma mg/ml x \pm SD (n)	20,179 ⁺ 3,623 ^{xx} (9)	24,138 ⁺ 2,087 ^{NS} (10)	25,749 ⁺ 2,578 ^{NS} (10)	24,777 ⁺ 2,705 (9)

2. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
proteiini, maksä % x \pm SD (n)	7,271 ⁺ 5,106 ^O (4)	12,395 ⁺ 4,448 ^{NS} (2)	10,390 ⁺ 3,948 ^{NS} (10)	11,85 ⁺ 1,32 (10)
proteiini, lihas % x \pm SD (n)	11,896 ⁺ 3,465 ^O (4)	14,134 ⁺ 1,151 ^{NS} (2)	13,083 ⁺ 4,201 ^{NS} (10)	15,05 ⁺ 1,25 (10)
glykogeeni maksä % x \pm SD (n)	0 ^{xxx} (4)	0 ^{xxx} (2)	0 ^{xxx} (10)	3,47 ⁺ 0,82 (10)
lipidi, maksä % x \pm SD (n)	1,14 ⁺ 0,21 ^{NS} (4)	1,41 ⁺ 0,28 ^{NS} (2)	0,99 ⁺ 0,35 ^{NS} (10)	1,07 ⁺ 0,22 (10)
lipidi, lihas % x \pm SD (n)	0,20 ⁺ 0,04 ^x (4)	0,29 ⁺ 0,04 ^{NS} (2)	0,22 ⁺ 0,05 ^x (10)	0,31 ⁺ 0,09 (10)
laktaatti, plasma mg/l x \pm SD (n)	152,830 ⁺ 43,272 ^{NS} (4)	57,188 ⁺ 22,311 ^x (2)	136,561 ⁺ 43,439 ^{NS} (10)	115,066 ⁺ 61,377 (10)
glukoosi, plasma g/l x \pm SD (n)	0,576 ⁺ 0,209 ^{NS} (4)	0,391 ⁺ 0,047 ^{xxx} (2)	0,504 ⁺ 0,127 ^{xx} (10)	0,644 ⁺ 0,053 (10)
proteiini, plasma mg/ml x \pm SD (n)	11,894 ⁺ 2,046 ^{xxx} (4)	13,637 ⁺ 7,285 ^{xxx} (2)	12,636 ⁺ 4,576 ^{xxx} (10)	71,959 ⁺ 15,719 (10)

Taulukko 4.

Vantaanjoessa kesä-heinäkuussa 1981 sumputettujen meritaimien kudos- ja plasmaentsyymit. Keskiarvo \pm keskihajonta, tutkittujen kalojen määrä, t-testi.

NS P > 0,1
O P < 0,1
x P < 0,05
xx P < 0,01
xxx P < 0,001

1. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
B _G , maksa nmol/g kudosta x \pm SD (n)	93,775 ^O \pm 15,465 (10)	131,750 ^{xx} \pm 18,300 (10)	146,360 ^{xxx} \pm 23,637 (10)	105,535 \pm 14,082 (10)
UDP-GT, maksa nmol/g kudosta x \pm SD (n)	15,583 ^{NS} \pm 6,731 (7)	19,297 ^{NS} \pm 5,651 (8)	14,832 \pm 3,613 (10)	19,966 \pm 4,951 (10)
AChE, aivot μmol/g kudosta x \pm SD (n)	23,106 ^{NS} \pm 2,697 (10)	19,399 ^{NS} \pm 4,029 (10)	24,088 ^{NS} \pm 5,560 (10)	21,656 \pm 3,111 (10)
AChE, lihas μmol/g kudosta x \pm SD (n)	20,879 ^{NS} \pm 4,579 (10)	21,275 ^{NS} \pm 3,406 (10)	23,546 ^{NS} \pm 3,241 (10)	24,249 \pm 4,536 (10)
LDH, plasma U/l x \pm SD (n)	694 ^x \pm 354 (9)	688 ^{xx} \pm 252 (10)	1000 ^{NS} \pm 553 (10)	1222 \pm 483 (9)
ASAT, plasma U/l x \pm SD (n)	138,3 ^O \pm 13,4 (9)	138,3 ^{NS} \pm 18,5 (9)	147,3 ^{NS} \pm 20,0 (10)	155,6 \pm 25,2 (8)

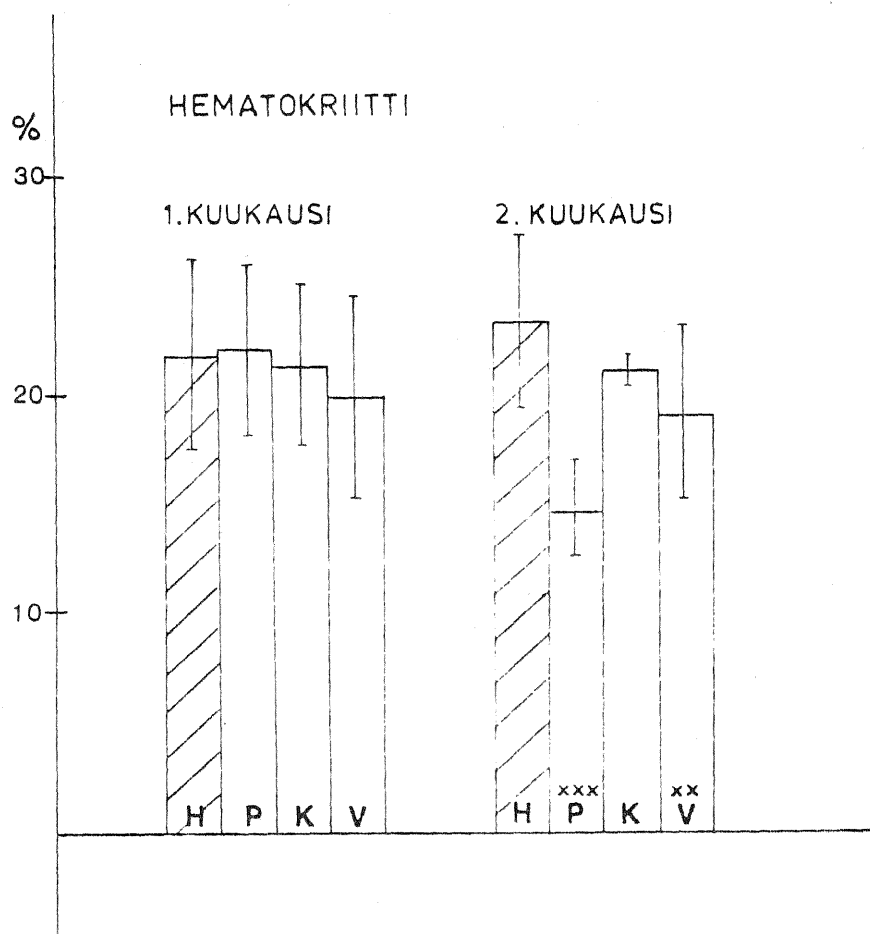
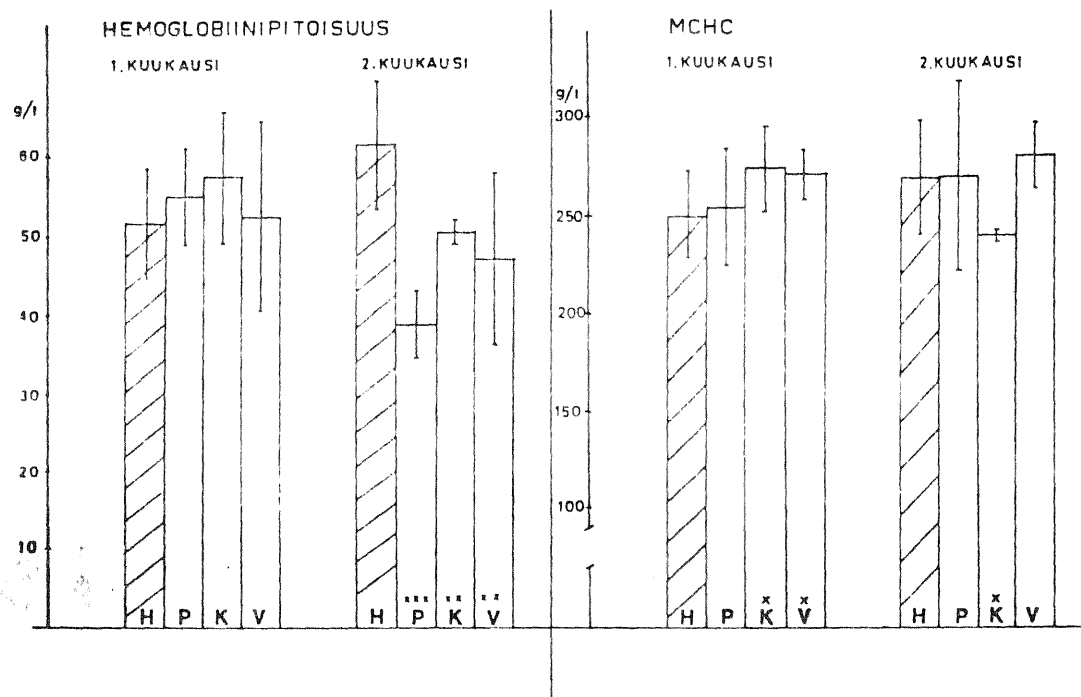
2. kuukausi

PARAMETRI	PITKÄKOSKI	KERAVANJOKI	VANHAKAUPUNKI	HIRVIJÄRVI
B _G , maksa nmol/g kudosta x \pm SD (n)	67,956 ^x \pm 15,150 (4)	78,960 ^{NS} \pm 16,157 (2)	64,513 ^{xx} \pm 23,336 (10)	92,101 \pm 9,744 (9)
UDP-GT, maksa nmol/g kudosta x \pm SD (n)	10,630 ^{xxx} \pm 5,180 (4)	21,350 ^x \pm 5,745 (2)	12,965 ^{xxx} \pm 6,364 (7)	33,260 \pm 7,073 (10)
AChE, aivot μmol/g kudosta x \pm SD (n)	36,117 ^x \pm 3,914 (4)	35,898 ^O \pm 3,730 (2)	35,173 ^O \pm 6,951 (10)	29,919 \pm 4,951 (10)
AChE, lihas μmol/g kudosta x \pm SD (n)	29,561 ^x \pm 3,767 (4)	23,737 ^{NS} \pm 1,036 (2)	29,084 ^{xx} \pm 4,802 (10)	21,934 \pm 6,177 (10)
LDH, plasma U/l x \pm SD (n)	1206 ^{NS} \pm 340 (4)	1025 ^{NS} \pm 212 (2)	1043 ^{NS} \pm 428 (10)	980 \pm 291 (10)
ASAT, plasma U/l x \pm SD (n)	196,85 ^{NS} \pm 36,95 (4)	182,88 ^{NS} \pm 21,55 (2)	185,42 ^x \pm 23,86 (10)	205,23 \pm 16,28 (10)

Taulukko 5. Veden laatu sumputuskokeen aikana

parametri	Hirvijärvi	Pitkälkoski		Keravanjoki		Vanhakaupunki	
	heinäkuu	kesäkuu	heinäkuu	kesäkuu	heinäkuu	kesäkuu	heinäkuu
pH	6.9	6.8	6.4	7.1	6.8		6.7
T °C	16.2	14.1	16.5	14.0	17.4		18.2
O ₂	9.1 mg/l	91.8 %	92.2 %	89.5 %	89.3 %		7.0 mg/l
25 °C, mS/m	6.5	19.2	18.7	17.4	17.1		15.2
sameus, FTU		62.7	58.2	96.2	172.0		45.5
kiintoaine, mg/l	1.5						
Kok. N , µg/l	580						
NH ₄ -N , µg/l	17						
NO ₃ -N , µg/l	115						
Kok. P , µg/l	13						
PO ₄ -P , µg/l	2						

Liitteet 1 ja 2



Liite 3

MAKSAN GLYKOGEENIPITOISUUS

1.KUUKAUSI

2.KUUKAUSI

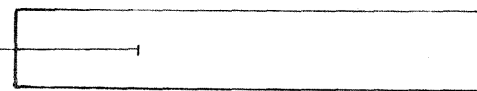
%

3,0

2,0

1,0

T



H

P

K

V

PLASMAN PROTEIINIPITOISUUS

mg/ml

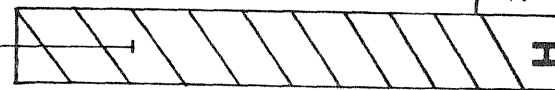
70

50

20

10

T



H

P

K

V

MAKSAN PROTEIINIT

1.KUUKAUSI

2.KUUKAUSI

%

20

10

H P K V

H P K V

LIHAKSEN PROTEIINIT

1.KUUKAUSI

2.KUUKAUSI

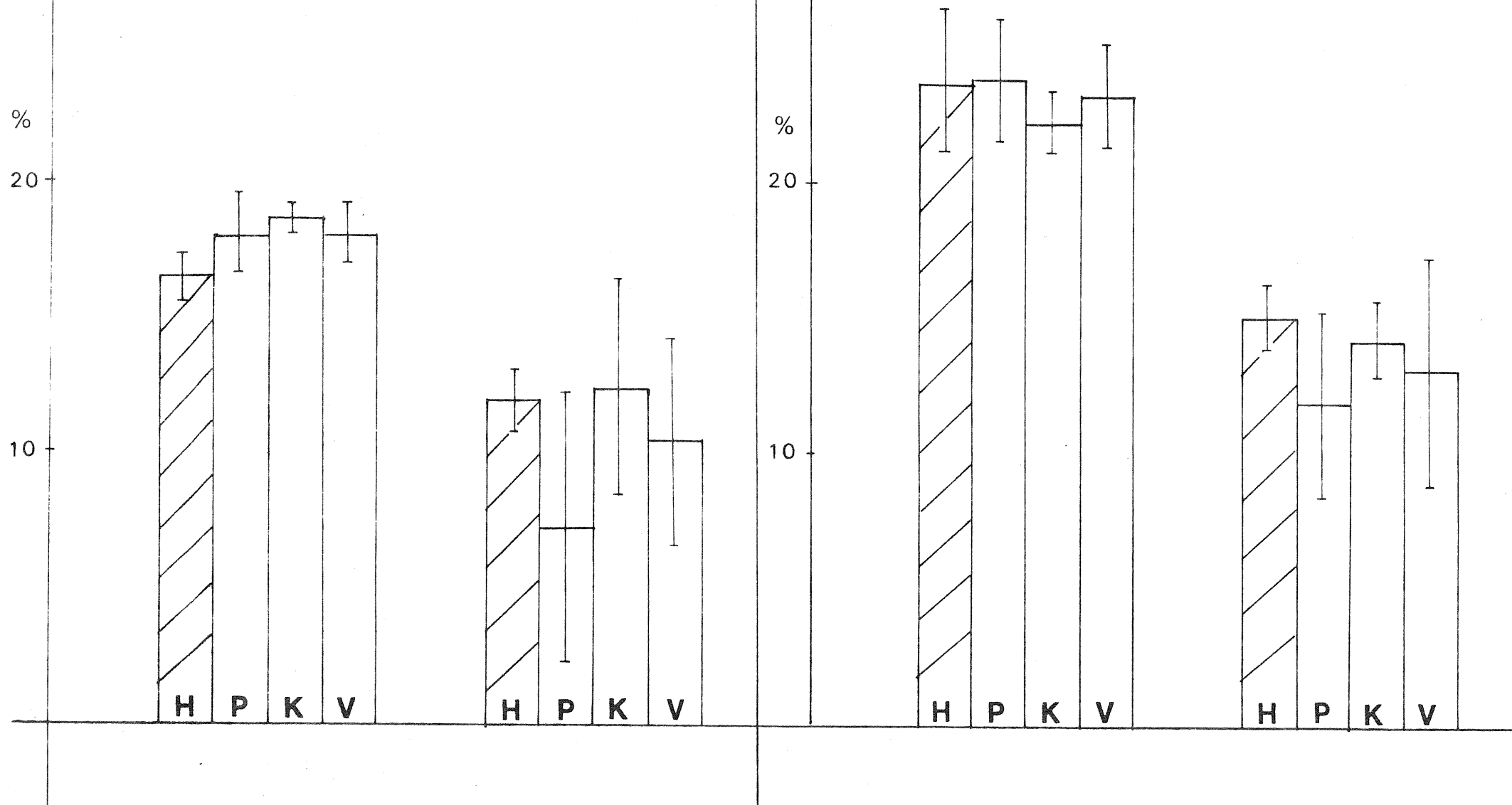
%

20

10

H P K V

H P K V

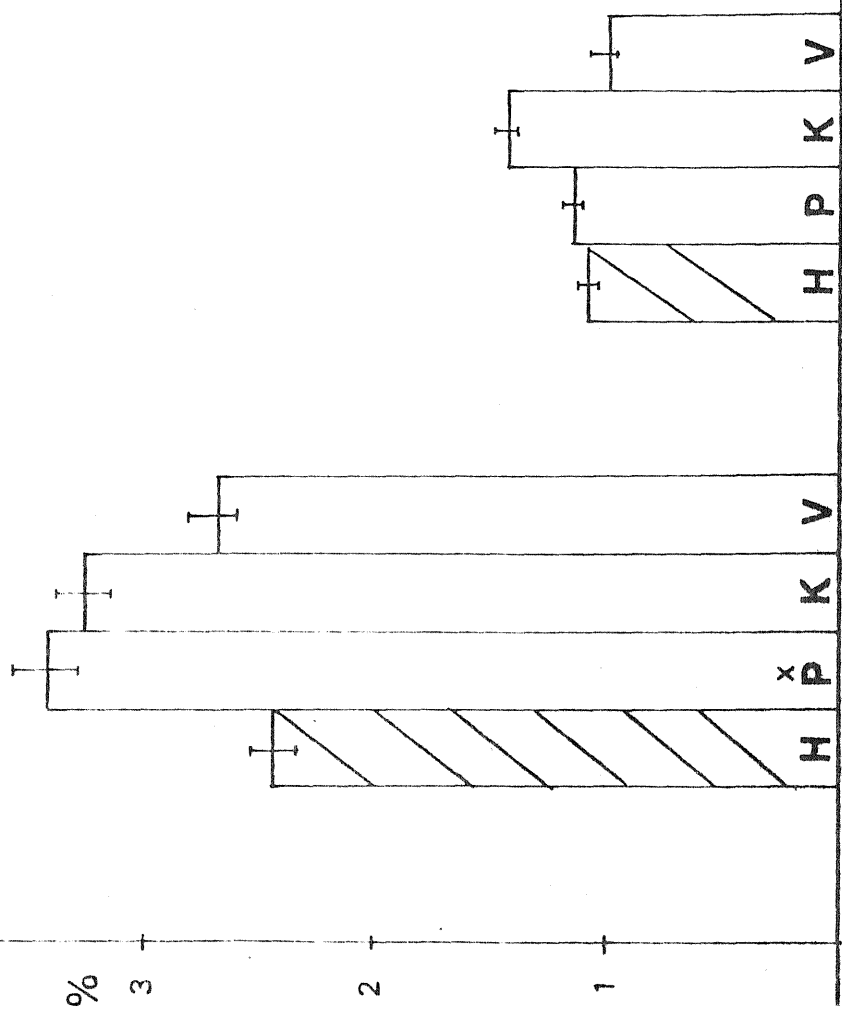


Liite 5

MAKSAN LIPIDIT

1.KUUKAUSI

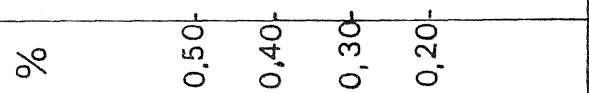
2. KUUKAUSI



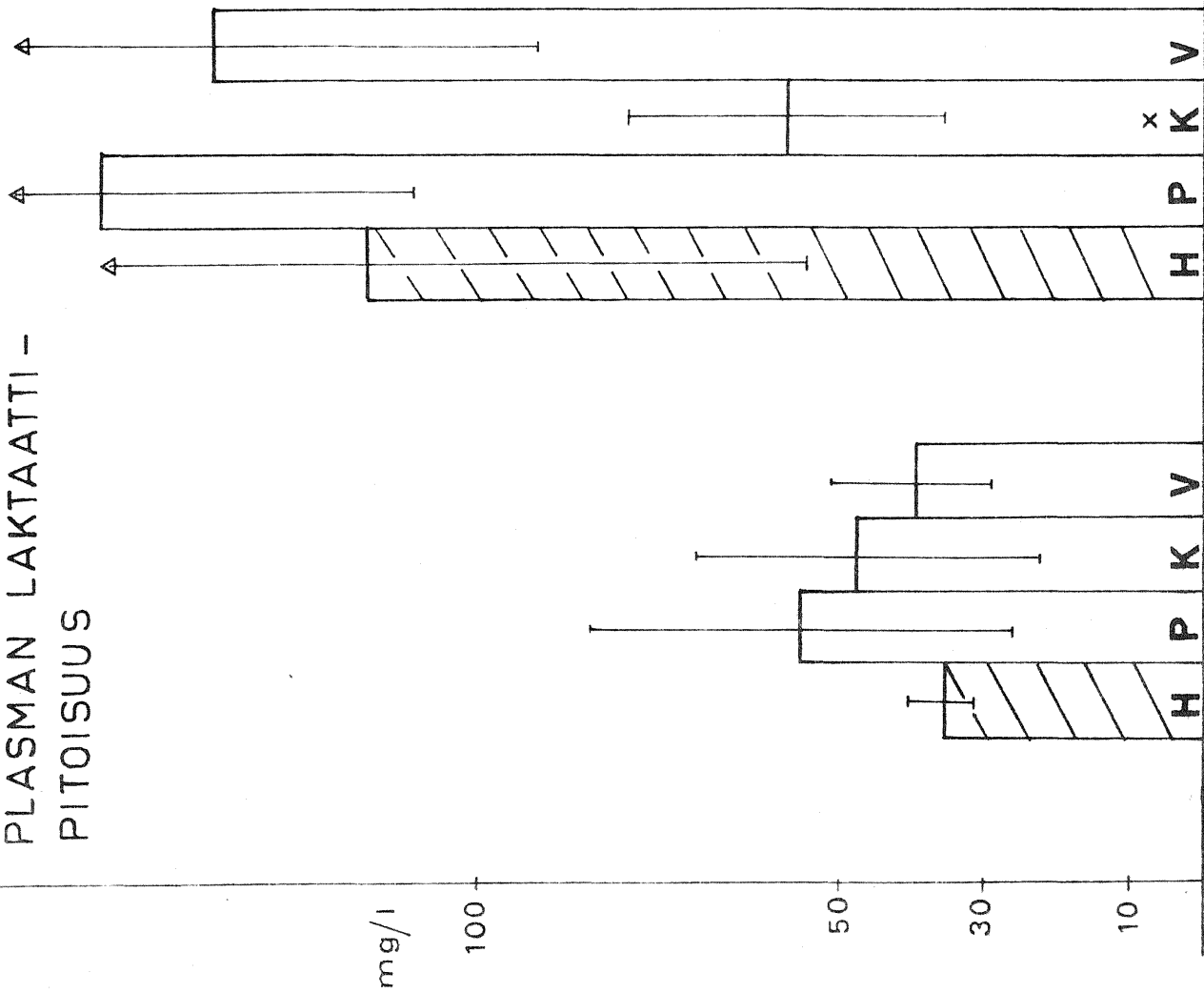
LIHAKSEN LIPIDIT

1.KUUKAUSI

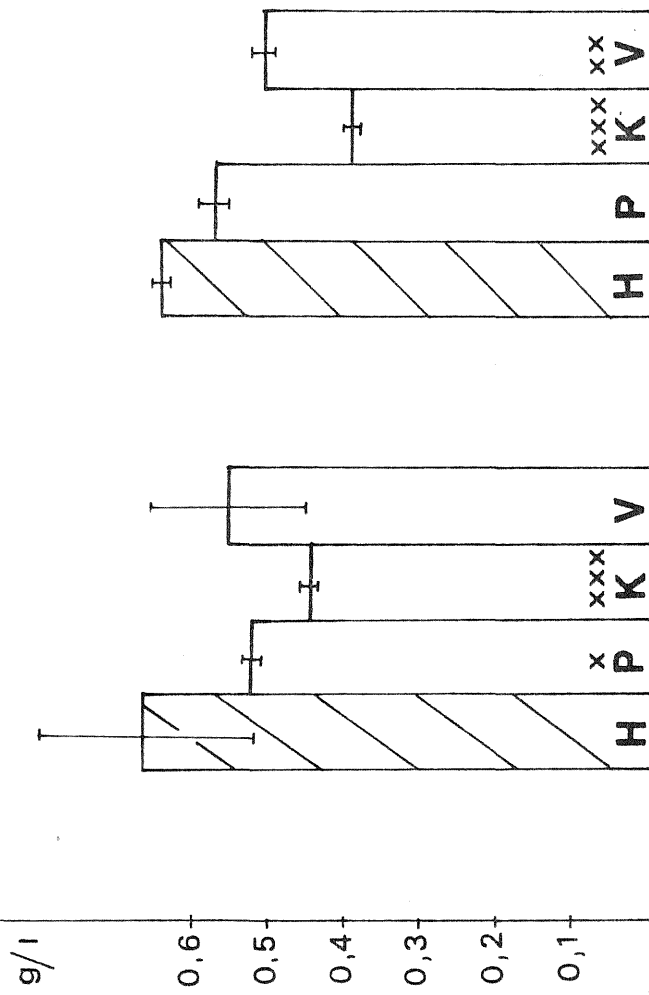
2.KUUKAUSI



PLASMAN LAKTAATTI - PITOISUUS



PLASMAN SOKERIPITOISUUS



Liite 7

MAKSAN β -GLUKORONIDAASI-
AKTIIVISUUS

1. KUUKAUSI

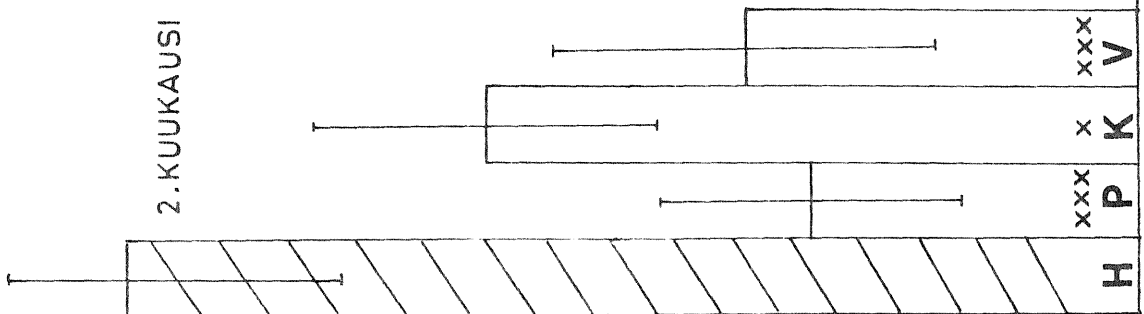
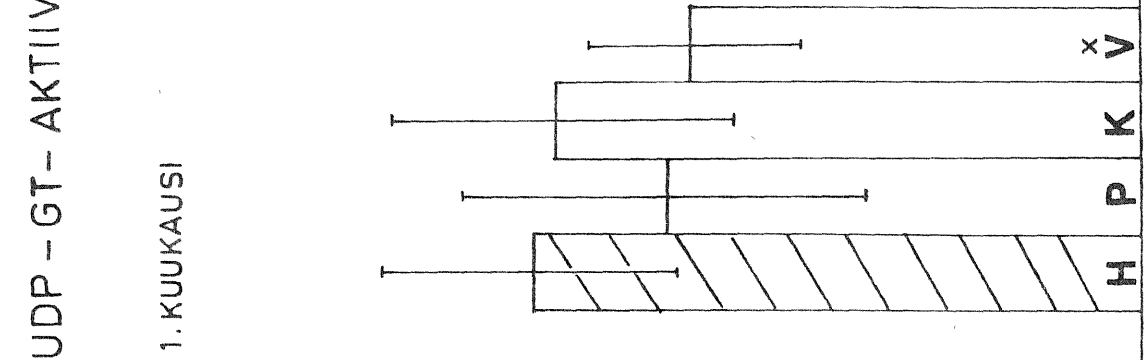
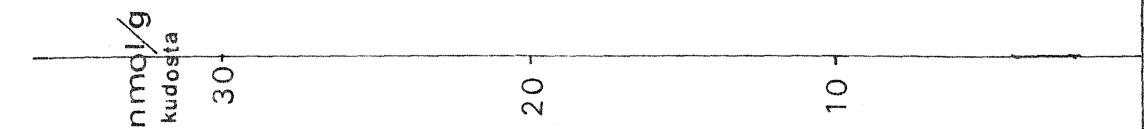
2. KUUKAUSI

nmol/g
kudosta

150

100

50



AIVOJEN ASETYLYLIKOLIINI- ESTERAASI AKTIIVISUUS

1. KUUKAUSI

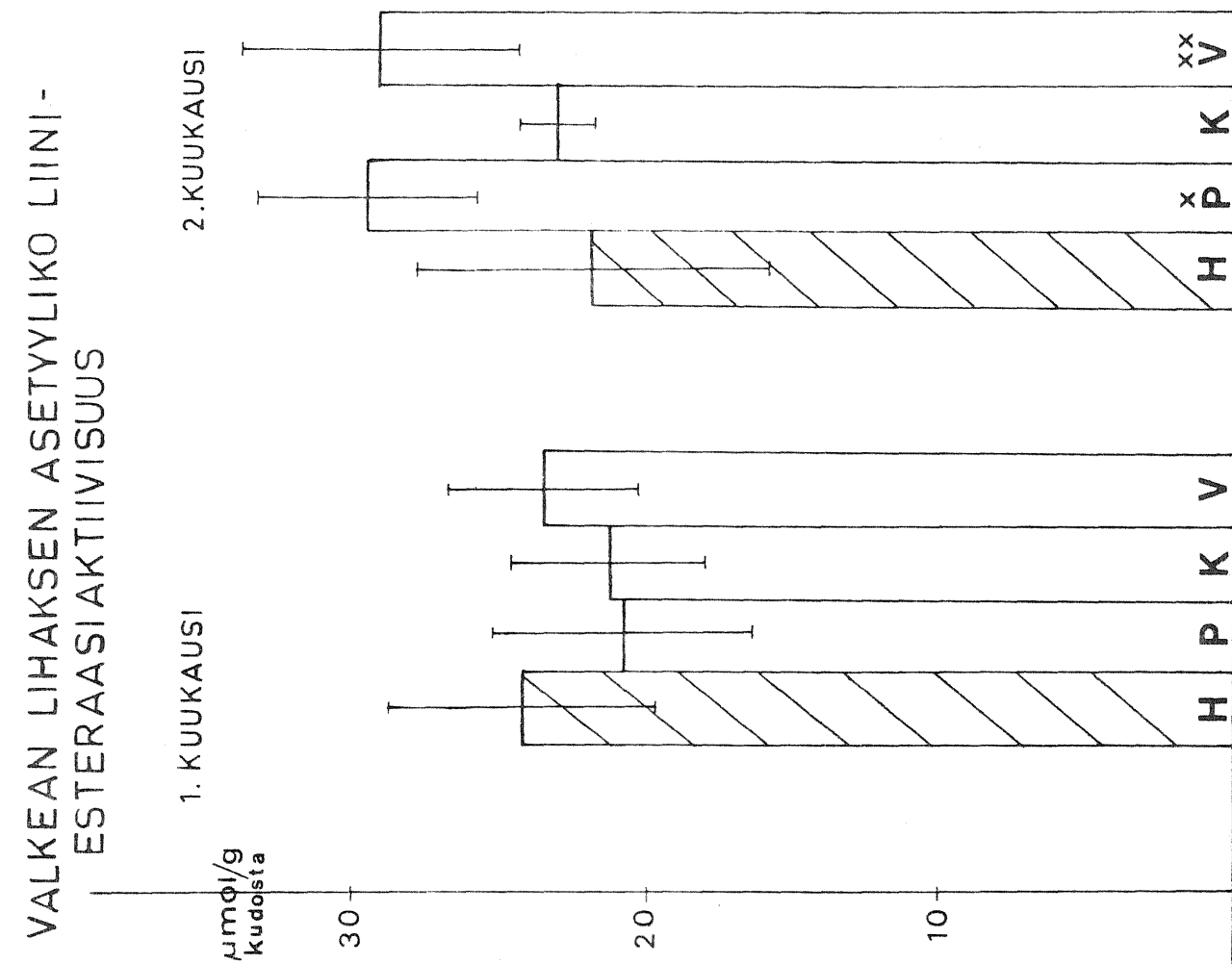
$\mu\text{mol/g}$
kudosta

30

20

10

2. KUUKAUSI



VALKEAN LIHAKSEN ASETYLYLIKO LIINI- ESTERAASI AKTIIVISUUS

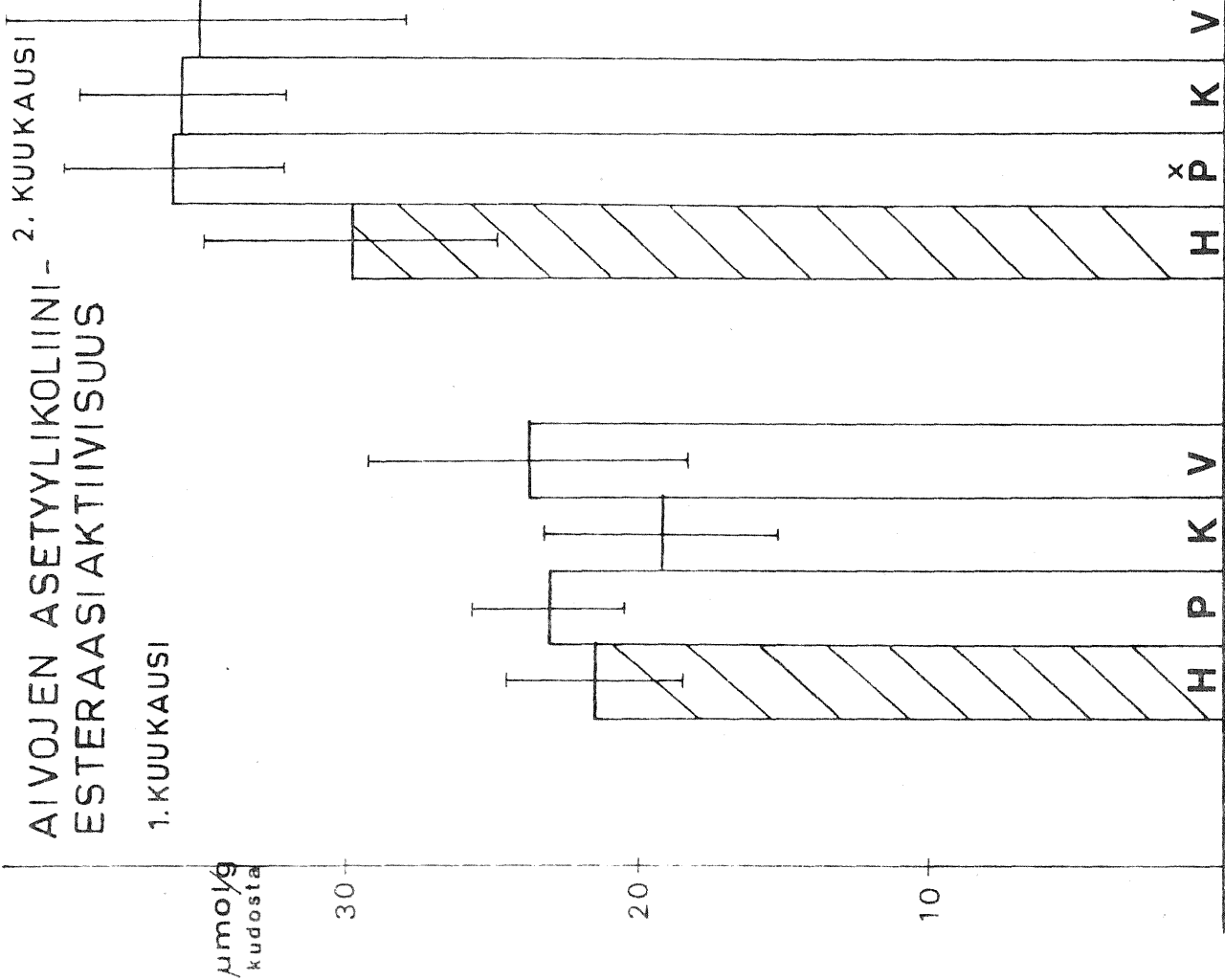
1. KUUKAUSI

$\mu\text{mol/g}$
kudosta

30

20

10



Liite 9

LDH

U/I

1200

1000

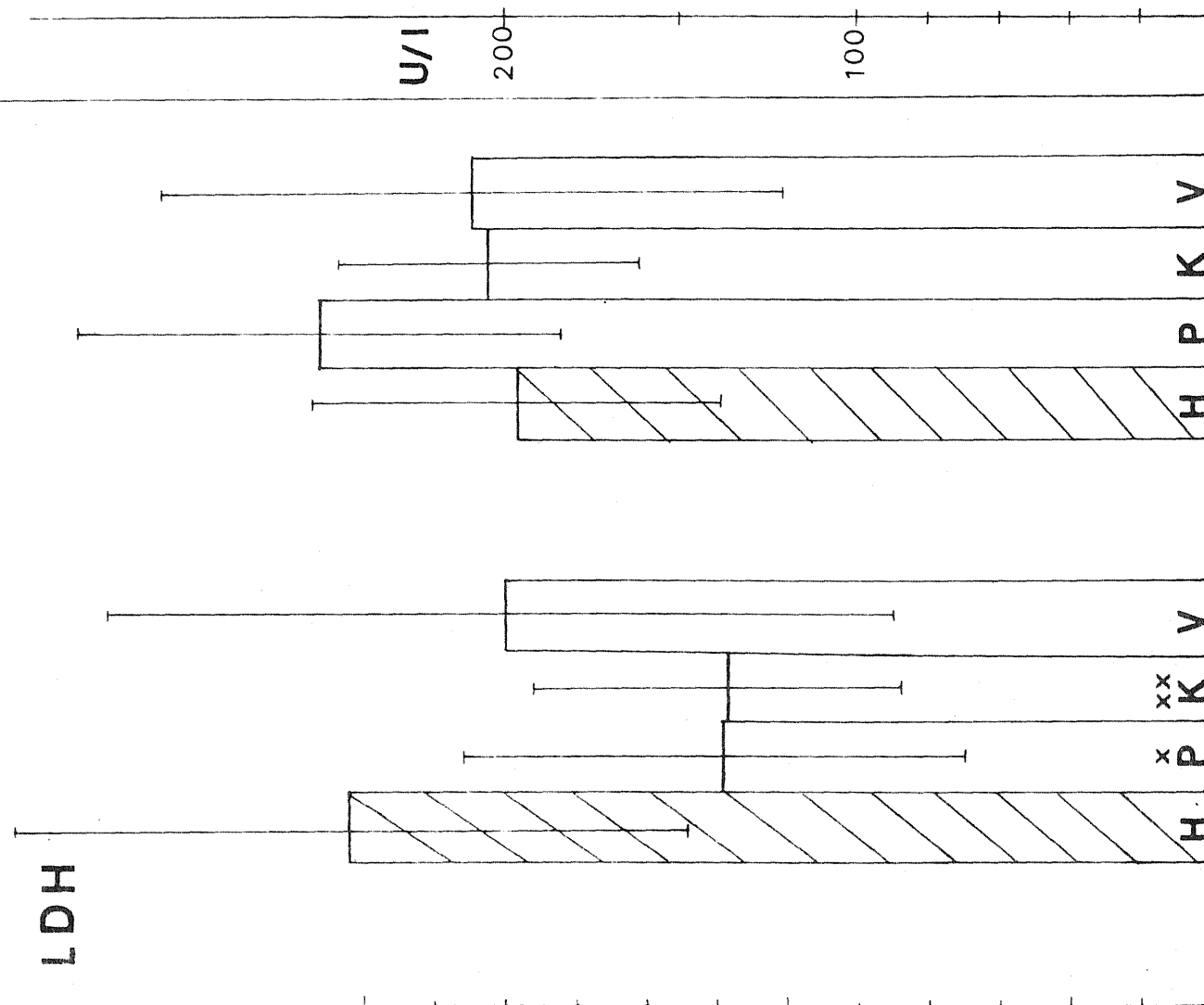
500

H

x P

xx K

V



ASAT

U/I

200

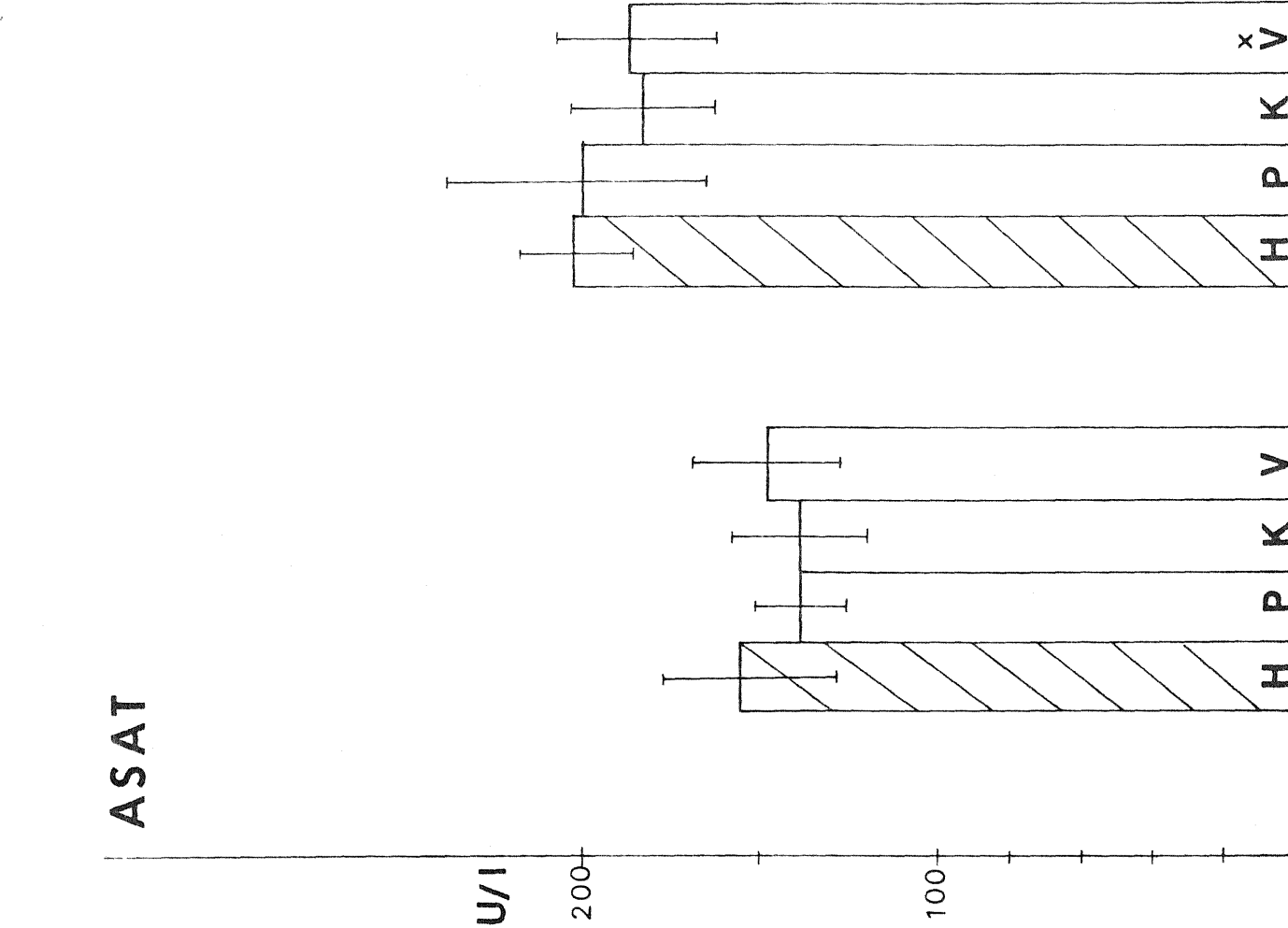
100

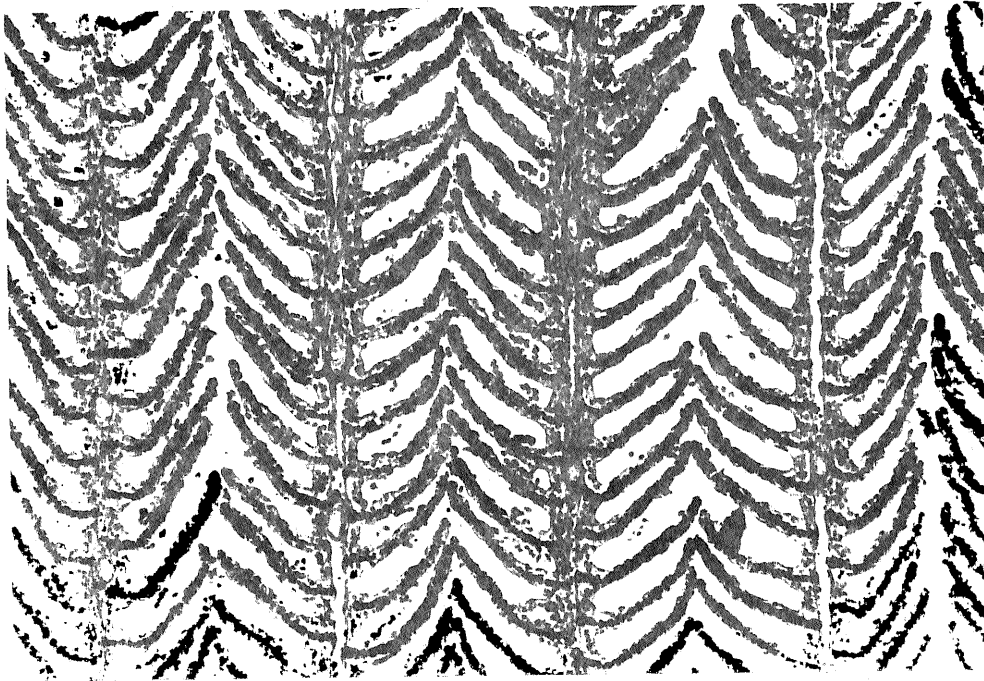
H

P

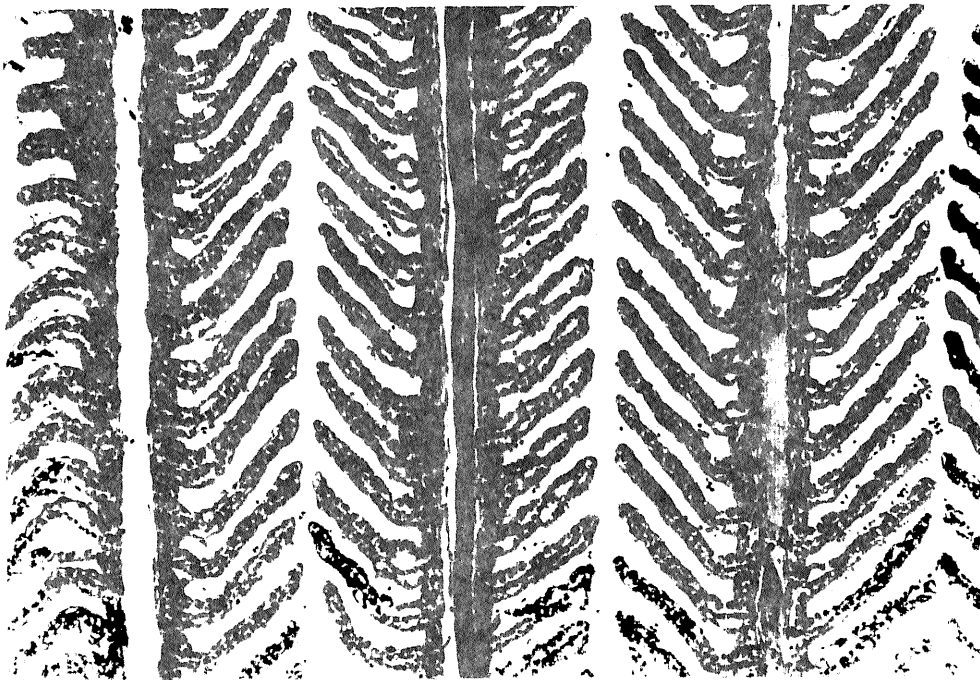
K

V

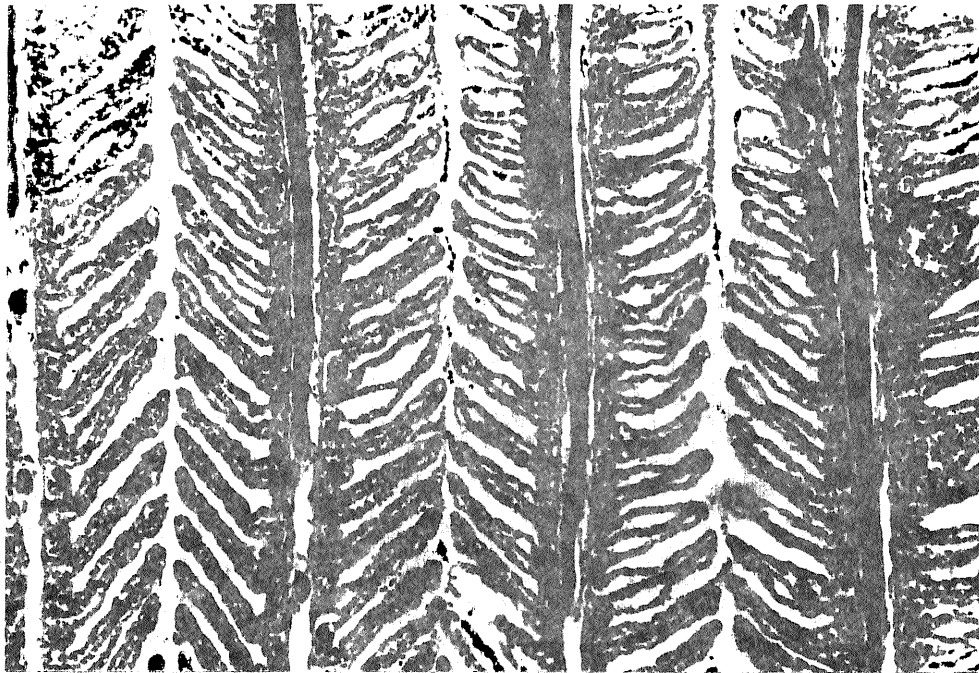




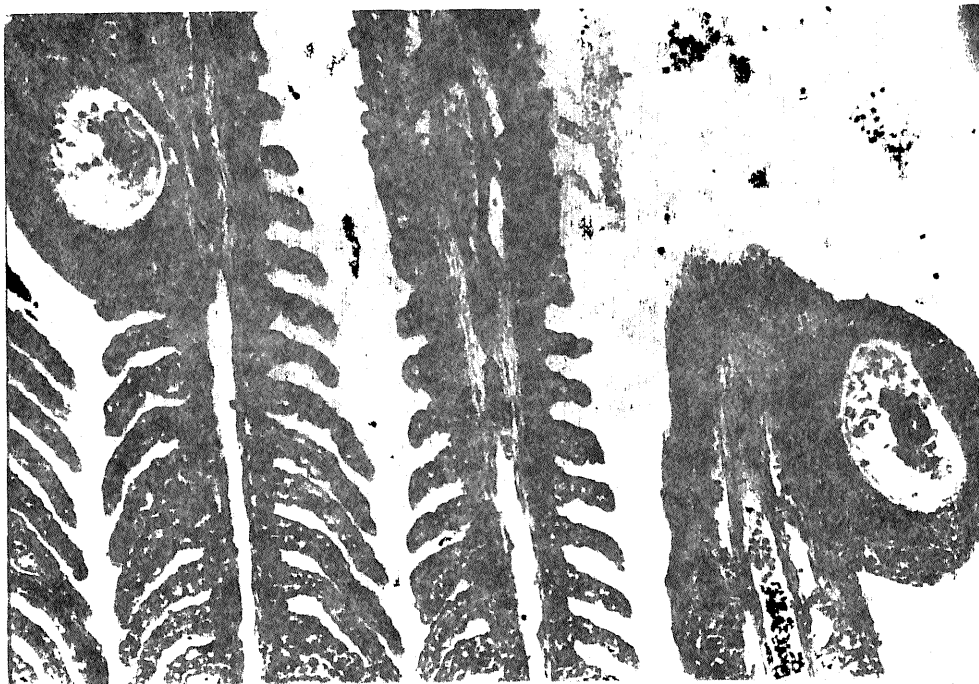
Kuva 1 . Kontrollikidus. 1 kuukauden altistus
Hirvijärvi. 174x.



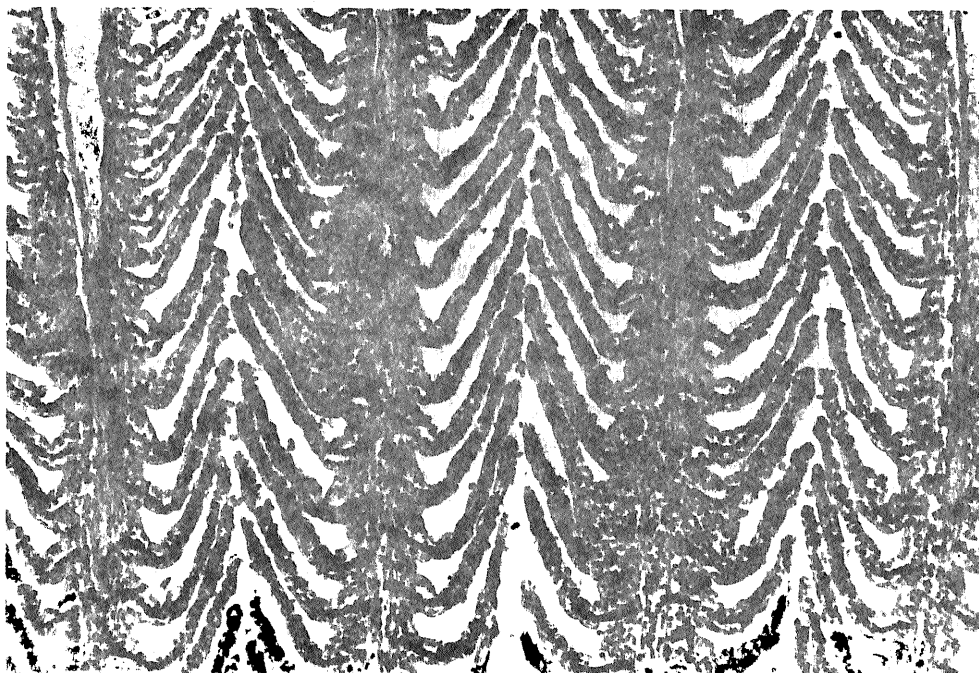
Kuva 2. 1 kuukauden altistus Vanhankaupungin vesilaitos.
Kidusepiteelit irtoamassa. 174x.



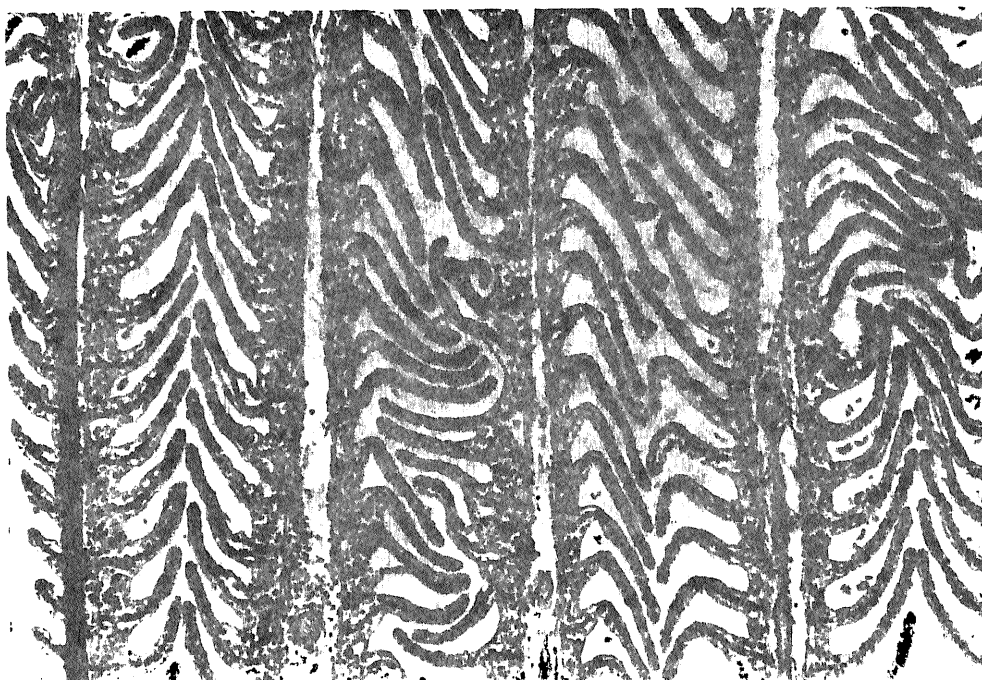
Kuva 3. 1 kuukauden altistus Pitkäköskei.
Kidusepíteelit irronneet. 174x.



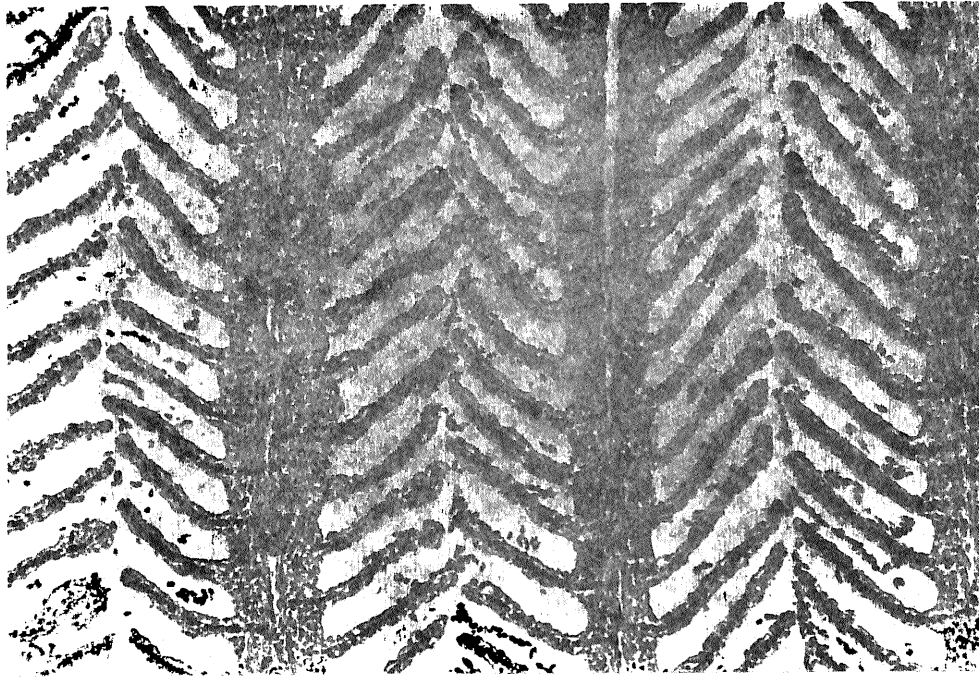
Kuva 4. 1 kuukauden altistus Pitkäköskei.
Kiduksiin kiinnnyttynyt loisia. 174x.



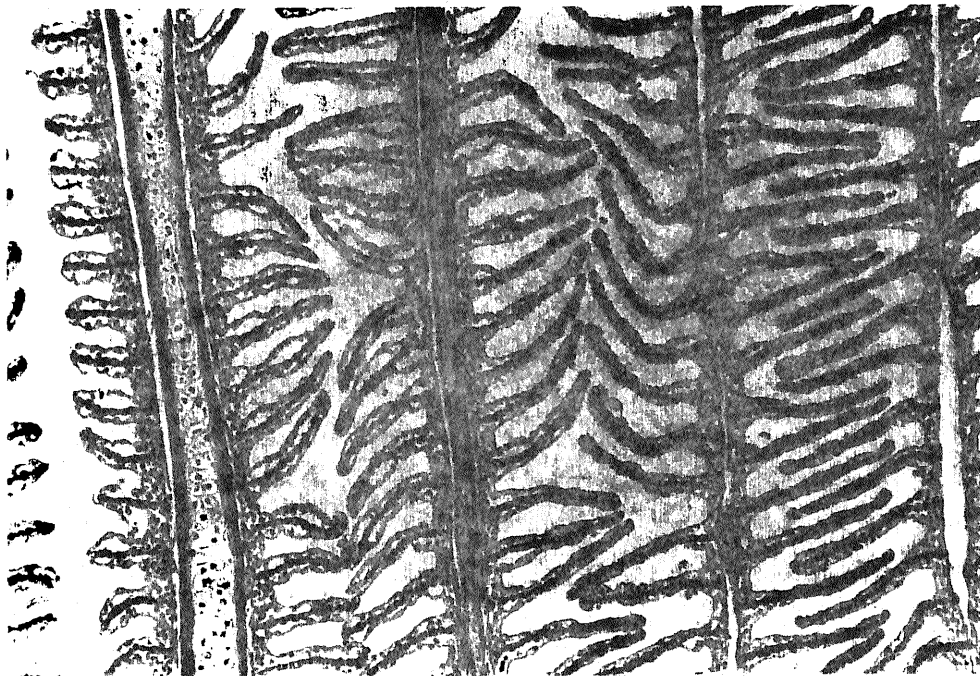
Kuva 5. 1 kuukauden altistus Keravanjoki.
Kiduslamellit taipuneet ja jonkin verran limoittuneet 174x.



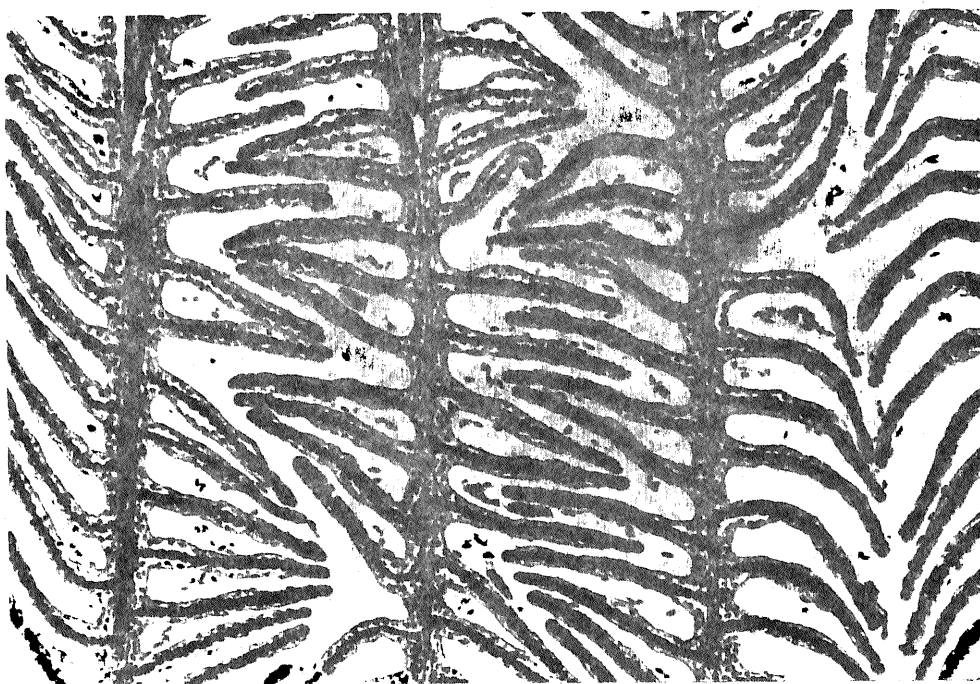
Kuva 6. 2 kuukauden altistus Keravanjoki.
Kiduslamellit taipuneet. 174x.



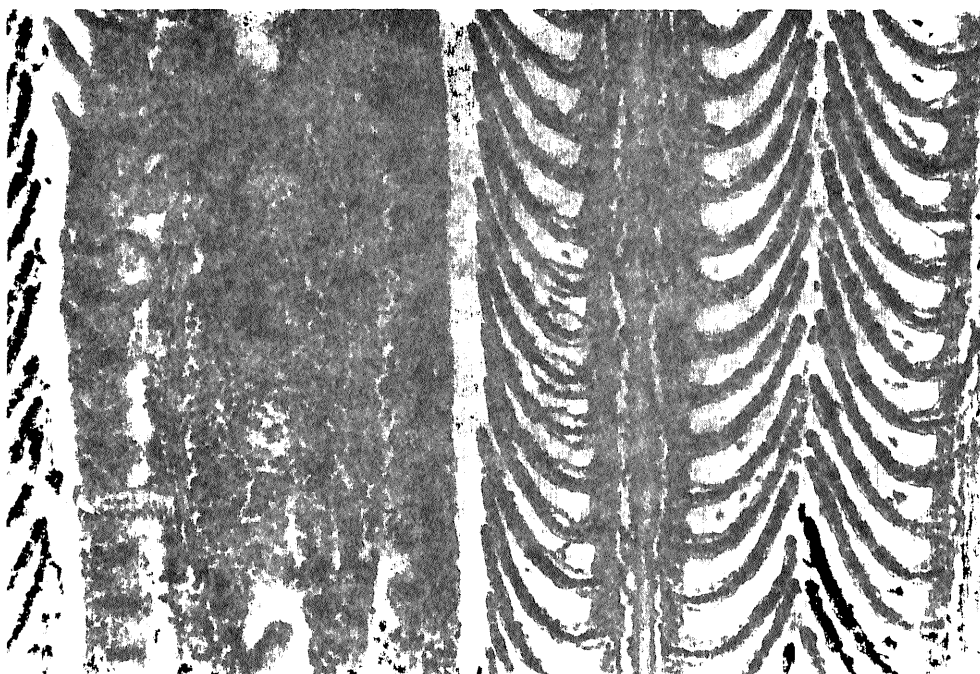
Kuva 7. Kontrollikidus. 2 kuukauden altistus Hirvijärvi.
Kidukset hiukan limoittuneet. 174x.



Kuva 8. 2 kuukauden altistus Vanhankaupungin vesilaitos.
Kidusepiteeli paikoin irronnut. 174x.



Kuva 9. 2 kuukauden altistus Pitkähkoski.
Kidusepитеelit jonkin verran irronneet ja taipuneet. 174x.



Kuva 10. 2 kuukauden altistus Pitkähkoski.
Kidusrakenne paikoin tuhoutunut. 174x.

